Aus der Universitätsklinik für Ohren-, Nasen- und Halskrankheiten
in Marburg-Lahn
Direktor: Prof. Dr. Uffenorde

Die obere Tongrenze für Luftleitung im Vergleich zur Knochenleitung, der Hördauer für die c5-Gabel und der unteren Tongrenze

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades in der
Gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Lieselotte Spies
approb. Aerztin aus Marburg

Marburg 1941
Universitäts-Buchdruckerei Joh. Aug. Koch (Dr. C. Hitzeroth)

STANFORD-LANE MEDICAL LIBRARY

Angenommen von der Medizinischen Fakultät Marburg
am 12. Mai 1941

Referent: Professor Dr. Uffenorde

Gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Über die bei der Hörprüfung in erster Linie gebräuchlichen Prüfungen der Flüster- und Umgangssprache, die bei Schüttelausschaltung des anderen Ohres erhoben werden, den Rinne-, Weber- und Schwabach'schen Versuch und die untere Tongrenze, sind die Ansichten wohl jetzt überall gleich. Über die Prüfung mit der c^5-Gabel sind grundlegende Arbeiten von Prof. Uffenorde selbst und in von ihm gegebenen Dissertationsarbeiten (Pollmann, Oberwegner, Fricke und Trübsbach) geschrieben worden. Anders bei der Bestimmung der oberen Tongrenze. Hier liegen so viele verschiedene Arbeitsergebnisse vor, besonders über die physiologische Änderung im zunehmenden Lebensalter, daß eine nochmalige exakte Untersuchung wichtig erscheint. Physiologie und Klinik laufen hier natürlich parallel.

Die Feststellung einer pathologischen Einschränkung der Hörgrenze wird unmöglich, wenn man nicht weiß, ob die Hörgrenze in dem jeweiligen Alter normal, eingeschränkt oder erheblich herabgesetzt ist. Deshalb sollte man für jedes Dezennium einen errechneten Durchschnittswert als Grundlage nehmen.

In den letzten 30 Jahren ist kaum noch über die Bestimmung der oberen Tongrenze geschrieben worden, da nach dem Anfang des 20. Jahrhunderts sehr viel darüber gearbeitet und debattiert worden ist.

Ich möchte über die wichtigsten Arbeiten kurz in geschichtlicher Reihenfolge berichten.

1. Die ersten Versuche wurden von Savart 1830 mit Zahnrädern angestellt. Durch Änderung des Raddurchmessers, durch Variation der Zahl der Zähne und Änderung der Schnelligkeit der Umdrehung konnte er Töne bis 24 000 v. d. wahrnehmbar machen.

2. Despretz arbeitete mit Stimmgabeln, nach ihm müßte die obere Tongrenze 36 500 v. d. betragen.

3. Von Preyer, der mit Appunn'schen Stimmgabeln arbeitete, hörte bis über 40 000 v. d. Von Preyer machte noch Versuche mit dem König'schen Klangstab und dabei ergab sich die obere Tongrenze von ungefähr 20 000 v. d., die ja auch heute als obere Tongrenze angenommen wird. Bei weiteren Versuchen mit der Appunn'schen Sirene hörte er selbst noch 24 000 v. d.

4. Schulze, Marburg, bestimmte die obere Tongrenze mit der Galtonpfeife, die er mit Hilfe der Kundt'schen Methode und dem Interferenzrohr von Quincke kontrollierte und zweitens mit Stahl- und Messingdrähten, die er in das Weber'sche Monochord einspannte. Er kam nun wieder zu dem Ergebnis, daß 20 000 v. d. die obere Tongrenze sei und im Alter bis zu 16 000 v. d. abnähme. Er meint aber, daß es unmöglich sei, ganz genaue Ergebnisse zu bekommen, da die obere Tongrenze abhängig von der jeweiligen Disposition sei.
5. Blake hörte mit der Galtonpfeife und den König'schen Klangstäben maximal 50 000, aber wahrscheinlich einfache Schwingungen, das wären dann 25 000 Doppelschwingungen.
6. Rayleigh hörte mit der Lockpfeife 24 576 v. d.
7. Pauchon bestimmte mit Dampfsirenen und zwar mit zunehmender Intensität und konnte bei 2½ Atm. noch über 36 000 v. d. hören.
8. Zwaardemaker stellte das Gesetz der Presbyakusis auf, auf Grund von Untersuchungen an Normalhörenden in verschiedenen Lebensaltern. Der höchste Ton der gehört wurde, war wiederum $c^7 = 20000$ v. d.
9. Und dies wurde auch von Bezold bestätigt, der Untersuchungen an Schwerhörigen machte.
10. Mit Hilfe von Stimmplatten hatte Melde eine exakte Methode gefunden, die Schwingungen der Stimmgabeln zu bestimmen. Und er erhielt ebenfalls 20 000 v. d. als obere Tongrenze und stellte außerdem ein Heruntergehen im Alter auf 16 000 v. d. fest.
11. Zu den gleichen Ergebnissen kommt König mit seinen Klangstäben. König kontrollierte die Schwingungszahlen mit optischen und akustischen Methoden.
12. von Meyer machte die Tonhöhe abhängig vom Anblasewind und fand bei seiner Methode die obere Tongrenze bei 20 000 bis 26 000 v. d.
13. Edelmann, Schwendt und Stücker fanden bei Berücksichtigung dieser Tatsache aber wieder andere Ergebnisse und zwar fanden sie die obere Tongrenze zwischen 30 000 und 67 000 v. d.
14. Stephanini kommt zu dem Ergebnis, daß die obere Tongrenze zwischen 20 000 und 25 000 v. d. liegt. Er kontrollierte die Schwingungszahlen durch komplizierte physikalische Methoden.
15. Bei der Verhandlung der otologischen Gesellschaft 1909 sprach Wilberg über das Schulze'sche Monochord und die obere

Tongrenze. Er hatte als Grundlage für seinen Vortrag über 500 Personen untersucht, ohne aber vorher die Ohren zu spiegeln. Er nahm aber an, daß genügend Normalhörende dabei waren. Dazu möchte ich bemerken, daß es erstaunlich ist, wie selten man normale Trommelfelle und anamnestisch Ohrgesunde findet. Darüber werde ich später noch ausführlicher berichten. Wilberg kommt zu dem Ergebnis, daß Kinder bis zu 65 536 v. d. hören können. Er glaubt, daß musikalische Veranlagung zum Hören höherer Töne befähigt, doch wird das bei der Diskussion von Schaefer, Berlin und Hegener, Heidelberg bestritten. Nach Wilberg soll ebenfalls die Intensität der Töne eine große Rolle spielen. Je intensiver der Ton, desto besser und höher könne man hören. Da aber die Stärke der höchsten Töne die Reizschwelle nicht erreichen könnte, sei es unmöglich, überhaupt eine obere Tongrenze festzusetzen. Nach seiner Ansicht rückt die obere Tongrenze vom 9.—60. Lebensjahr von der 9—8 gestrichenen Oktave bis zur 7 und 6 gestrichenen Oktave herab.

16. Bei der anschließend stattfindenden Diskussion behauptet Wanner, München, daß die obere Tongrenze zwischen 27 000 und 30 000 v. d. liege.

17. Bei der Verhandlung der otologischen Gesellschaft 1910 teilte Hegener kritische Untersuchungen zur oberen Tongrenze mit. Er meinte, daß alle Versuche bis jetzt fehlerhaft wären, daß Schneidetöne gehört worden wären, deren Schwingungszahlen viel niedriger seien, und daß deshalb die obere Tongrenze viel zu hoch angenommen worden wäre.

Hegener hat deshalb mit sechs verschiedenen Tonquellen geprüft. Er bestimmte an 100 Personen und kam zu folgendem Ergebnis: Über 22 000 v. d. hörte kein Einziger. Zwischen dem ersten und vierten Lebensjahrzehnt fand sich kein merklicher Unterschied. Er wählte das Mittel seiner höchsten Werte 17 000 v. d. als durchschnittliche obere Tongrenze, und zwar gehört in ½ m Abstand bei gewöhnlichem Tagesgeräusch.

18. Struycken schreibt in seinen Beobachtungen über die physiologische obere Hörgrenze für Luft- und Knochenleitung, daß nach dem 40. Lebensjahr die obere Tongrenze schnell sinkt, und daß nach dem 50. Jahr nur noch vereinzelt Schwingungen von mehr als 15 000 v. d. gehört werden. Er stellte weiterhin fest, daß die Knochenleitung höher als die Luftleitung ist. Bei seinen Prüfungen ist 10 000 v. d. als obere Tongrenze nie unterschritten worden. Er faßt zusammen, daß die Höchtsgrenze bei Knochenleitung 17 000 bis 26 000 und bei Luftleitung 15 000 bis 22 000 v. d. beträgt.

19. Kalähne schreibt über seine Untersuchungen mittels des Struycken'schen Monochords, daß bei 20—30jährigen die obere Tongrenze für Luftleitung bei 16000 bis 18000 v. d. und bei Knochenleitung bei 17000 bis 21000 v. d. liege. Er stellte also ebenfalls fest, daß die Knochenleitung immer höher als die Luftleitung liegt. Zur Frage der Herabsetzung der oberen Tongrenze mit zunehmendem Alter kommt Kalähne zu folgendem Schluß: Es gibt keine physiologische Herabsetzung der oberen Tongrenze, sondern Arteriosklerose, toxische Einwirkungen von Infektionkrankheiten, leichte Mittelohrentzündungen erzeugen eine bleibende Herabsetzung der oberen Tongrenze.

20. Gildemeister bestimmte 1918 die obere Tongrenze auf eine ganz andere Art als die Otologen und Physiker vorher, indem er nämlich elektrische Schwingungen erzeugte nach der Lichtbogenmethode und durch ein Telephon hörbar machte. Er prüfte wie Struycken die Luft- und Knochenleitung. Die Versuchspersonen hatten normales Hörvermögen und zeigten bei äußerer Untersuchung kein Abweichen vom Normalzustand. Die Versuchsergebnisse sind folgende:

Die Werte beider Ohren sind selten gleich. Alle Zahlen für Luft- und Knochenleitung werden mit zunehmendem Alter kleiner. Die obere Grenze liegt im Kindesalter bei 20 000 v. d., sinkt bis zum Ende der Pubertät langsam um tausend Schwingungen, dann bis zur Mitte der dreißiger Jahre rasch bis auf 15 000 v. d., und dann wieder verzögerte Abnahme bis zur Mitte der vierziger Jahre bis 13 000 v. d. Also bei 20jährigen ist die obere Tongrenze etwa bei 17000 bis 18000 v. d., bei 40jährigen bei 13000 bis 14000 v. d.

Das Verhältnis zwischen Luft- und Knochenleitung ist bei Gildemeisters Versuchen abweichend von Struyckens und Kalähnes Resultaten. Die Schwingungszahl für Luftleitung ist in den meisten Fällen größer als für Knochenleitung. Dieses Ergebnis erklärt Gildemeister damit, daß mit seinem Telephon viel Energie an die Luft abgegeben wird und beim Aufsetzen auf den Knochen das Telephon am Mitschwingen mehr gehindert wird, als der kleine Ansatz des Monochords.

Bei seiner Versuchsanordnung war es möglich, die Intensität der Töne zu ändern. Und Gildemeister konnte beweisen, daß bei Zunahme der Intensität die obere Tongrenze erhöht wurde, wie das ja schon früher von Pauchon, von Meyer, Schulze, Wilberg u. a. mehr ebenfalls festgestellt worden war.

Gildemeister schreibt, daß ein Resonator auch auf Töne anspricht, mit denen er nicht in Resonanz steht, er klingt um so

stärker, je größer seine Dämpfung ist. Bei genügender Steigerung der Intensität eines hohen Tones, müßte also der höchste Resonator, den das menschliche Ohr besitzt, überschwellig in Schwingung versetzt werden, und danach könnte die Tonhöhe wahrscheinlich unbegrenzt erhöht werden bei Steigerung der Intensität der Töne.

Gildemeister meint nun, auch die Schwingungen von 16 000 und 12 000 könnten vielleicht noch nicht die obere Tongrenze darstellen, da die Intensität der Töne bei seiner Versuchstechnik schon überschwellig gewesen sein könnte. Die Hörgrenze liege also noch niedriger, vielleicht da, wo die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen aufhöre.

Vom physiologischen Standpunkt aus betrachtet, ist dies ein einleuchtendes Ergebnis, das man aber leider nicht in der Praxis verwerten kann. Bei Prüfungen der oberen Tongrenze ist es bei weniger gut konzentrierten und mit nicht allzu viel Intelligenz ausgestatteten Versuchspersonen schon oft sehr schwierig, genau festzustellen: wird nun dieser Ton überhaupt noch gehört oder wird nur noch das Reibegeräusch des Läppchens bemerkt, und man muß mehrmals mit großer Geduld prüfen. Es erscheint mir deshalb unmöglich feststellen zu können, ob bei der jeweiligen Prüfung verschiedene, immer höhere Töne gehört werden, also noch eine Unterschiedsempfindlichkeit besteht, oder ob die Töne gleichen Klang haben und nur leiser erscheinen, also nach Gildemeister schon überschwellig sind, um so die eigentliche physiologische Grenze feststellen zu können. Denn man muß berücksichtigen, daß die meisten Versuchspersonen musikalisch vollkommen ungeschult sind und deshalb nicht leicht begreifen werden, worauf es in dieser Prüfung ankäme.

Wenn man nun den höchsten Ton, den man überhaupt noch zu hören vermag, als obere Tongrenze ansieht, so wird man diese Grenze viel leichter zum Vergleich heranziehen können bei pathologischen Fällen, bei denen es noch viel komplizierter würde, wenn man da nach Unterschiedsempfindlichkeit fahnden würde.

Dieser, wenn auch nur unvollkommene Überblick über die Prüfung der oberen Tongrenze in der Literatur, zeigt die verschiedensten Ergebnisse und beweist zugleich klar und eindeutig, daß die unterschiedlichen Resultate allein abhängig sind von der Art der Prüfung und der Art der benutzten Apparate. Alle Meßmethoden sind nicht frei von subjektiven Einflüssen, und deshalb wurde immer wieder nach neuen Methoden gesucht, um exakte Prüfungsresultate zu erlangen, die es jedem erlauben, sie als Grundlage und zum Ver-

gleich für eigene Versuche verwenden zu können. Das Otoaudion nun ist der Apparat, mit dem man Untersuchungen anstellen kann, die unabhängig von individuellen Schwankungen des Prüfenden sind, aber trotzdem bleibt naturgemäß die Abhängigkeit von der Konzentration, Intelligenz und Wahrhaftigkeit des zu Prüfenden.

Bei meiner Arbeit habe ich 171 Personen untersucht, und zwar habe ich

1. Flüster- und Umgangssprache geprüft,
2. die Hördauer der c^5-Gabel,
3. die obere Tongrenze mit dem Struycken'schen Monochord,
4. die untere Tongrenze mit der Bezold-Edelmann'schen Stimmgabelreihe bestimmt.

Ich hatte als 5. vor, bei jeder Versuchsperson eine Hörkurve mit dem Otoaudion anzulegen, um für jedes Lebensjahrzehnt eine durchschnittliche Kurve errechnen zu können. Dadurch hätte ich einmal einen Vergleich zwischen den Mittelwerten des Otoaudions und den Mittelwerten der Stimmgabeln und des Monochords anstellen können. Zum anderen hätte ich durch diese errechneten Kurven eine Grundlage geschaffen für künftige Arbeiten an Schwerhörigen oder Taubstummen mittels des Otoaudions. Denn es ist sicher richtiger, bei solchen Arbeiten für jedes Dezennium eine entsprechende Kurve als Norm zum Vergleich für pathologische Fälle zu wählen, als eine einzige Kurve für jedes Lebensalter als Vergleichskurve heranzuziehen. Leider mußte ich auf die Prüfung mit dem Otoaudion zum größten Teil verzichten, da infolge der äußeren Umstände im Krieg eine erforderliche Reparatur an dem sehr empfindlichen Apparat nicht durchzuführen war. Es ist aber zu hoffen, daß nach Instandsetzung unseres Otoaudions dieser Teil der Arbeit nachgeholt werden kann.

Voraussetzung war bei meiner Arbeit, daß ich nur Menschen untersuchte, die normales Ohr und Trommelfelle hatten und an Mund, Nasen und Rachen keinen pathologischen Befund zeigten. Bei den meisten Versuchspersonen wurde vor der Prüfung eine Tubendurchblasung durchgeführt, um wirklich einwandfreie Ergebnisse zu bekommen.

Flüster- und Umgangssprache wurde in dem 11 m langen und 6 m breiten Hörprüfungsraum der Klinik vorgenommen. Der Raum ist mit Nesseltüchern an den Wänden behängt um jeden Widerhall zu vermeiden, und ist mit schalldichten Türen und Doppelfenstern versehen, um jede Störung von außen auszuschließen. Es wurde grundsätzlich mit Schüttelausschaltung des anderen Ohres geprüft und gleichzeitig wurden die Augen der Versuchspersonen verdeckt

um eine störende Kontrolle seitens des Prüflings und ein Ablesen von den Lippen zu vermeiden. Zur Prüfung wurden die Zahlen von 1—100 verwandt. Die Prüfung der c^5-Gabel und der oberen Tongrenze fand in einem besonderen schallsicheren Raum statt.

Es wurden Personen aus allen Berufsschichten und besonders aus allen Altersklassen untersucht. Ausgeschaltet wurden Kriegsteilnehmer und Menschen aus Lärmberufen. Besondere Schwierigkeiten bereitete es, genügend Versuchspersonen im Alter über 40 Jahren zu finden, die bisher immer ohrgesund waren und normale Trommelfelle hatten. Bei weitem die meisten in Betracht gezogenen Menschen zeigten leicht eingezogene, getrübte, matte oder verdickte Trommelfelle, oder es wurden Mittelohrentzündungen oder Katarrhe anamnestisch angegeben. Oder aber bei normalem Trommelfellbefund ergab die Prüfung der Flüstersprache und die Verkürzung der Hördauer der c^5-Gabel eine Innenohrschwerhörigkeit. Diese Personen kamen natürlich nicht in Frage.

Zuerst prüfte ich Flüster- und Umgangssprache in der oben geschilderten Art. Meine sämtlichen Versuchspersonen haben Umgangssprache über 10 m gehört und Flüstersprache 6—8 m.

Um die Perceptionsfähigkeit eines Ohres genau bestimmen zu können, muß besonders die quantitative Prüfung mittels der c^5-Gabel durchgeführt werden. Schon 1922 wird von Prof. Uffenorde berichtet, daß bei einer Innenohrschwerhörigkeit besonders die Hördauer der c^5-Gabel eingeschränkt ist, und daß sie sogar manchmal allein nur durch die Verkürzung der Hördauer der c^5-Gabel festzustellen ist, und daß nicht nur bei Innenohrschwerhörigkeit, sondern auch bei akuten Mittelohrentzündungen und Tubenentzündungen eine Verkürzung vorhanden ist.

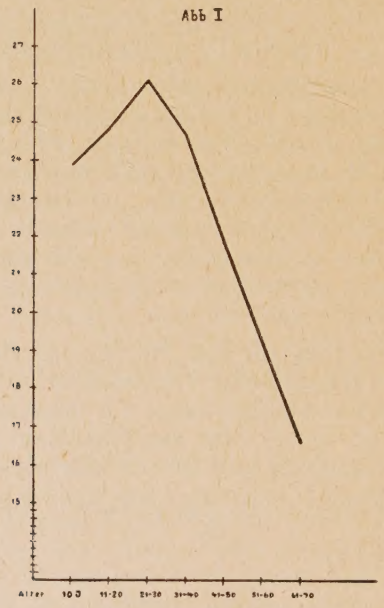
Deshalb entschied bei mir die Prüfung mit der c^5-Gabel weitgehend, ob ich die entsprechende Versuchsperson überhaupt verwerten konnte. Ich berücksichtigte dabei die Ergebnisse von der Doktorandin L. Oberwegner, die das Absinken der Hördauer für c^5 mit dem Alter feststellte und tabellarisch zusammenstellte.

Meine Untersuchungen mit der c^5-Gabel wurden in folgender Art durchgeführt:

Nach dem Anschlag wurde die Gabel erst in einiger Entfernung vom Gehörgang gehalten, um die Interferenz zu vermeiden und erst wenn der Ton aus der Entfernung nicht mehr gehört wurde, hielt ich die Gabel dicht vor den Gehörgang. Die Prüfung erfolgte mehrmals, um die Richtigkeit der angegebenen Hördauer zu prüfen, aber abwechselnd an beiden Ohren, um eine Ermüdung zu vermeiden. Vorhergehend wurde jeder Versuchsperson erklärt, daß der Ton schnell leiser werde, aber dann noch lange zu hören sei.

Die Resultate bei der Prüfung mit der c^5-Gabel sind sehr aufschlußreich. Die höchsten Werte liegen nicht, wie bei der oberen Tongrenze später zu ersehen ist, bei Kindern unter 10 Jahren, sondern im Alter zwischen 21 und 30 Jahren. Vorher ist ein Anstieg und anschließend ein allmählicher Abstieg klar zu erkennen.

Bei Kindern bis zu 10 Jahren beträgt die Hördauer der c^5-Gabel als Durchschnittswert 23,9 Sek., zwischen 11 und 20 Jahren 24,9 Sek. und zwischen 21 und 30 Jahren liegt dann der oben erwähnte höchste Durchschnittswert von 26,1 Sek. Dann beginnt der Abstieg: Im 4. Lebensjahrzehnt wird durchschnittlich 24,7 Sek. lang die Stimmgabel gehört, im 5. Lebensjahrzehnt 21,9 Sek. Von 51—60 Jahren sinkt die Hördauer dann weiter auf 19,3 Sek. herab, um vom 61. bis 70. Jahr dann schließlich 16,7 Sek. Hördauer durchschnittlich nur noch zu erreichen (siehe Abb. 1).



Hördauer der c^5-Gabel

Man kann das Ergebnis so erklären, daß das Hörorgan erst allmählich sich entwickelt, um dann, wenn der Höhepunkt so etwa mit 25 Jahren erreicht ist, wieder an Leistungsfähigkeit einzubüßen. Dieses Ergebnis stimmt durchaus überein mit den anderen Fähigkeiten und Leistungen unseres Körpers. Man denke an die sportlichen Meister, die trotz größter Technik und Erfahrung nach einem bestimmten Alter ihren Meistertitel an Jüngere abgeben müssen.

Die Ergebnisse der Hördauer für die c^5-Gabel liegen bei meiner Arbeit durchschnittlich niedriger als bei L. Oberwegner. Es werden sich wohl bei solchen Prüfungen, die abhängig von der Reaktion, der Stimmung, der Intelligenz und dem guten Willen von Versuchspersonen sind, nie so exakte, übereinstimmende Resultate gewinnen lassen, wie wir sie von präzisen Maschinen fordern.

Die obere Tongrenze wurde mit dem Struycken'schen Monochord so geprüft, daß ich das Monochord dicht vor das zu prüfende Ohr hielt, und die Saite mit festem Druck durch ein mit reinem Alkohol befeuchtetes Zellstoffläppchen in Schwingungen versetzte. Zuerst schob ich den Dämpfer ganz herunter, um einen Ton zu erhalten, den jeder bestimmt hörte, und ließ mir die Schallqualität beschreiben, schob dann den Dämpfer ganz herauf, sodaß nur noch das Reibegeräusch des Läppchens entstand. So wußte jede Versuchsperson worauf es ankam. Zuerst prüfte ich die Luftleitung und dann durch Aufsetzen des Ansatzstückes des Monochords auf das planum mastoideum die Knochenleitung.

Bei der Bestimmung der oberen Tongrenze für Luftleitung ergab sich nun folgendes:

1. Sehr oft sind die Ergebnisse beider Ohren verschieden, genau so wie bei der oberen Tongrenze für Knochenleitung und bei der c^5-Gabel. Auch Gildemeister waren die verschiedenen Hörwerte beider Ohren aufgefallen.

2. Die obere Tongrenze sinkt mit zunehmendem Alter ab. Wie das ja auch Zwaardemaker, Bezold, Melde, Schulze, Wilberg, Struycken, Gildemeister und andere durch Prüfungen mittels Stimmgabeln, der Galtonpfeife, des Monochords oder der elektrischen Lichtbogenmethode festgestellt hatten. Hegener, Struycken und andere stellten aber fest, daß erst nach dem 40. Lebensjahr die obere Tongrenze sinkt, während Gildemeister ebenfalls wie ich, schon in der Pubertätszeit niedrigere Durchschnittswerte fand, als bei Kindern. Trotzdem Gildemeisters Werte im ganzen gesehen viel niedriger liegen als bei meiner Arbeit. Bei mir sind die höchsten Werte überhaupt bei Kin-

dern unter 10 Jahren zu finden. Der Maximalwert ist hier 24 000 v. d. Der Durchschnittswert liegt zwischen 21 000 und 22 000 v. d. Zwischen 11 und 20 Jahren ist der Maximalwert ebenfalls 24 000 v. d., der Durchschnittswert aber beträgt genau 20 000 v. d. Im dritten Lebensjahrzehnt wird als höchste Schwingungszahl nur einmal 23 000 v. d. gehört, im übrigen ist der Maximalwert 22 000 v. d. und der Durchschnittswert liegt zwischen 19 000 und 20 000 v. d. Im vierten Dezennium wird in zwei Fällen bis zu 22 000 v. d. gehört, der Durchschnittswert aber beträgt genau 19 000 v. d. Zwischen 41 und 50 Jahren hat niemand mehr über 20000 v.d. gehört, der Durchschnittswert liegt hier zwischen 17 000 und 18 000 v. d. Nach dem 50. Lebensjahr ist der Durchschnittswert zwischen 12 000 und 13 000 v. d. gesunken (siehe Abb. 2).

Obere Tongrenze für Luftleitung

Es ist daraus klar ersichtlich, daß mit zunehmendem Alter die obere Tongrenze kontinuierlich sinkt. Daß das Absinken aber so schnell und vor allem so früh vor sich geht, sollte man nach der Übersicht über die Literatur nicht annehmen. Es ist erstaunlich, daß nach dem 20. Lebensjahr durchschnittlich die obere Tongrenze schon nicht mehr bei 20 000 v. d. liegt, trotzdem vereinzelt noch 23 000 Doppelschwingungen gehört werden, und daß nach dem 40. Lebensjahr niemand mehr über 20 000 v. d. gehört hat. Daran sollte man nicht nur bei jeder Hörprüfung denken, sondern vor allem auch bei Arbeiten und wissenschaftlichen Zusammenstellungen über die verschiedenen Arten von Schwerhörigkeiten. Nur wenn man für jedes Lebensalter die richtige obere Tongrenze als Grundlage annimmt, kann man zu richtigen Ergebnissen kommen.

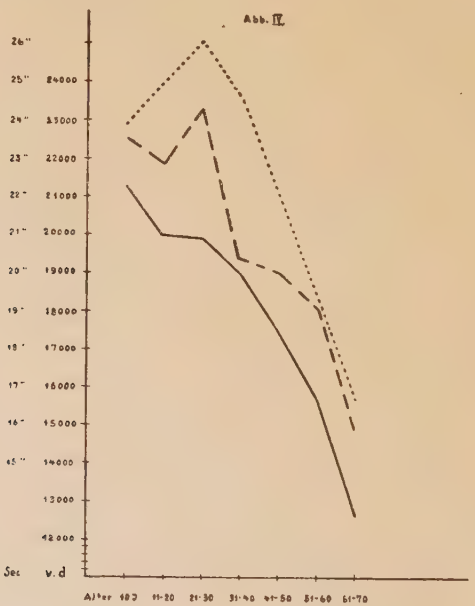
Bei der Auswertung der oberen Tongrenze für Knochenleitung bekam ich höhere Werte, wie ja auch, mit Ausnahme von Gildemeister, in der Literatur beschrieben wurde (siehe Abb. 3).

Obere Tongrenze für Knochenleitung

Die Differenz zwischen der Luft- und Knochenleitung beträgt vom 6. bis 20. Lebensjahr etwa 1000 bis 2000 Schwingungen. Vom 21. bis 30. Jahr ist sie mit 3500 Schwingungen am größten, und von 31 bis 40 Jahren mit 400 Schwingungen am geringsten. Vom 41. bis 70. Lebensjahr ist sie wieder ähnlich wie bei den Jugendlichen, durchschnittlich 2000 Schwingungen.

Wenn man nun die Kurven von der Hördauer der c^5-Gabel und der oberen Tongrenze für Knochenleitung vergleicht, so kommt man zu der interessanten Feststellung, daß bei diesen beiden Kurven ein deutlicher Gipfel zwischen dem 20. und dem 30. Lebensjahr liegt. Die Kurve der oberen Tongrenze für Knochenleitung beweist also ebenfalls wie die Kurve der c^5-Gabel, daß das Hörorgan erst etwa im 25. Lebensjahr seine volle Entwicklung erreicht hat und dann sofort wieder minder leistungsfähig wird.

Um die Kurven der oberen Tongrenze für Luft- und Knochenleitung und der Hördauer für die c^5-Gabel am besten vergleichen zu können, habe ich sie in einer Skizze zusammen wiedergegeben. Die Kurve der oberen Tongrenze für Luftleitung zeigt den kontinuierlichen Abfall, die anderen beiden den Höhepunkt im Alter zwischen 20 und 30 Jahren (siehe Abb. 4).



——— obere Tongrenze für Luftleitung
- - - - - obere Tongrenze für Knochenleitung
..... Hördauer der c^5-Gabel

Es läßt sich hieraus folgern, daß die Prüfung mit der c^5-Gabel exaktere und bessere Resultate bringt, als die Prüfung der oberen Tongrenze für Luftleitung. (Die Knochenleitungsprüfung wird ja selten verwandt!) Wenn in der Praxis eine kurze schnelle Prüfung des Gehörs vorgenommen werden soll, dann sollte das Resultat der c^5-Gabel dem Monochord vorgezogen werden.

Es ist aus allen drei Kurven ersichtlich, daß, nach dem 30. Lebensjahr etwa, der schalleitende und schallempfindende Apparat Veränderungen erleidet oder bestimmte Fähigkeiten einbüßt, die die gleichen Leistungen der früheren Jahre unmöglich machen. Vielleicht läßt die Schwingungsfähigkeit des Trommelfells und der beiden Fenster nach, oder die Gehörknöchelchenkette mit ihrer Band- und Muskelverankerung büßt an Elastizität ein, oder aber die Peri- und Endolymphe ändert ihre Viskosität. Wie weit Arteriosklerose, toxische Schäden oder geringgradige, nicht beachtete Katarrhe oder Entzündungen die Ursache haben, läßt sich ebenfalls nicht entscheiden.

Im Anschluß an die Prüfung der beiden oberen Tongrenzen erfolgte die Prüfung der unteren Tongrenze mit belasteten Stimmgabeln der Bezold-Edelmann'schen Stimmgabelreihe. Ich prüfte zuerst mit 16 Hertz, indem ich nach dem Anschlag die Zinkenenden der Gabel dicht vor den Gehörgang der Versuchspersonen hielt, und falls nichts gehört wurde, mit 24, 40 usw. Hertz. Ich sagte nie vorher welcher Art der zu erwartende Schall sei, sondern fragte jeden Einzelnen, was er wahrgenommen habe. Bei charakteristischem Beschreiben hatte ich nun wirklich die Gewähr, daß die Angaben stimmten.

In der Literatur heißt es, daß der durchschnittlich gefundene niedrigste Wert 16 Hertz betrage, und wenn bei einigen Individuen 24 oder 40 Hertz die untere Tongrenze darstelle, bei sonst normalem Befund, daß es sich dann um keinen Defekt des Perceptionsorgans zu handeln brauche, sondern daß die geringe Intensität bei Prüfungen mit Stimmgabeln die Ursache sein könne.

Bei meinen 171 Prüfungen habe ich nun prozentual errechnet, wie viele Versuchspersonen in jedem Dezennium 16 Hertz hören. Das Ergebnis ist folgendes:

unter 10 Jahren:	78 Prozent
11—20 Jahre:	70 Prozent
21—30 Jahre:	66 Prozent
31—40 Jahre:	83 Prozent
41—50 Jahre:	71 Prozent
51—60 Jahre:	78 Prozent
61—70 Jahre:	33 Prozent

Bis zum 60. Jahr ist kein besonderer Unterschied in den verschiedenen Altersklassen. Die untere Tongrenze ändert sich also nicht mit zunehmendem Alter in der gleichen Art wie die beiden oberen Tongrenzen und die c^5-Gabel Hördauer, sondern erst nach dem 60. Lebensjahr wird ein deutliches Absinken festgestellt. Es ist erstaunlich, daß 16 Hertz bei einer verhältnismäßig so großen Anzahl von Versuchspersonen nicht die untere Tongrenze darstellt, wie man es eigentlich aus der Literatur annehmen könnte.

Zusammenfassend ist zu sagen, daß in der Literatur die Ergebnisse bei der Prüfung der oberen Tongrenze für Luftleitung außerordentlich verschieden sind.

Ich konnte feststellen:

Die obere Tongrenze für Luftleitung sinkt kontinuierlich mit zunehmendem Alter ab, während die Lebens-Kurve der Hördauer der c^5-Gabel die allmähliche Entwicklung des Hörorgans bis zum Gipfelpunkt und dann die Leistungsabnahme erkennen läßt, also als genauere aerale Prüfung zu bewerten ist.

Die obere Tongrenze für Knochenleitung zeigt ebenfalls wie die Prüfung der c^5-Gabel die Höchsleistung des Hörorgans zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr. Die Knochenleitungskurve liegt durchschnittlich höher als die Kurve der oberen Tongrenze für Luftleitung.

Die untere Tongrenze ändert sich im Gegensatz zu den anderen Ergebnissen erst nach dem 60. Lebensjahr.

Zum Schluß möchte ich meinem sehr verehrten Lehrer Herrn Prof. Uffenorde für die Überlassung des Themas und die Anregungen zur Arbeit herzlich danken.

Schrifttum

Bezold: Zeitschr. f. Ohrenheilk., Bd. 23, S. 254.
Edelmann: Beiträge z. Anat. usw. d. Ohres. Passow-Schäfer Bd. 3.
—: Zeitschr. f. Ohrenheilk., Bd. 36, S. 330.
Fricke: Inaug. Diss. Göttingen 1921.
Gildemeister: Zeitschr. f. Psychol. u. Physiologie d. Sinnesorgane, Bd. 56, S. 161.
Hegener: Int. Zbl. f. Ohrenheilk., Bd. 6, S. 426.
—: Verhandl. d. otol. Gesellsch. 1910, S. 98.
Kalähne: Beiträge z. Anat. usw. d. Ohres Passow-Schäfer, Bd. 5, 157.
Oberwegner: Arch. f. Ohren, Bd. 135, 197.
Pollmann: Inaug. Diss. Göttingen 1921.
Schulze: Beitr. z. Anat. usw. d. Ohres Passow-Schäfer, Bd. 1, 134.
Schwendt: Arch. f. Ohren, Bd. 49, 1.
Stefanini: Int. Zbl. f. Ohrenheilk., Bd. 8, 249.
Struycken: Beitr. z. Anat. usw. d. Ohres Passow-Schäfer, Bd. 5, 1.
Trübsbach: Arch. f. Ohren, Bd. 135.
Uffenorde: D. med. Wschr. 48.
Wanner: Verhandlung d. otol. Gesellsch. 1909, S. 196.
Zwaardemaker: Arch. f. Ohrenheilk. Bd. 53.
—: Zschr. f. Ohrenheilk., Bd. 23 u. 24.
Wilberg: Verhl. d. otol. Gesellsch. 1909, S. 196.
Blake, Despretz, König, Melde, Meyer, Pauchon, Preyer, Rayleigh, Savart, Stücker sind entnommen: Stefanini: Int. Zbl. f. Ohrenheilk., Bd. 5; Schulze: Beitr. z. Anat. usw. d. Ohres Pasow-Schäfer, Bd. 1.

Lebenslauf

Am 4. 11. 12 wurde ich in Marburg (Lahn) geboren als Tochter des Stadtoberinspektors Heinrich Spies und seiner Ehefrau Marie, geb. Richter. Vom 6.—10. Jahr besuchte ich die Volksschule in Marburg und dann das Staatl. Oberlyzeum von Septima bis Oberprima. Im Februar 1933 bestand ich dort die Reifeprüfung. Anschließend war ich ein Jahr in der Städt. Haushaltungs- und Gewerbeschule. Vom Juli 1934 bis Juli 1935 war ich als landwirtschaftlicher Lehrling auf einem Erbhof in Hebel, da ich zuerst vorhatte landwirtschaftliche Lehrerin zu werden.

Im WS. 1935 begann ich in Marburg mit dem medizinischen Studium. Nach zwei Semestern bestand ich das Vorphysikum und nach weiteren 3 Semestern das Physikum. Das 1. und 2. klin. Semester studierte ich in Seestadt Rostock. Zum SS. 1939 kam ich nach Marburg zurück. Da im Herbst 1939 die Universität Marburg vorübergehend geschlossen wurde, studierte ich im 1. Kriegstrimester in Leipzig.

Zu meinem 10. Semester kehrte ich aber wieder nach Marburg zurück. Hier meldete ich mich auch zum Staatsexamen, welches ich am 10. 7. 40 bestand. Am 22. 7. 40 erhielt ich meine Approbation. Vom 15. August 1940 bis zum heutigen Tag bin ich als wissenschaftliche Hilfskraft in der Univ Ohren-, Nasen- und Halsklinik zu Marburg. Lieselotte Spies.

Meine akademischen Lehrer waren:

In Marburg: Alverdes, Baumann, Becher, Becker, Bersin, Claussen, Dittler, Falk, Gremels, Grüneisen, Grüter, Jaeck †, Kehrer, Klapp, Klewitz, Kretschmer, Mattes, Meerwein, Rosemann, Rolshoven, Ruete, Strecker, Uffenorde, Versé, Winkler, Wiskott, Zeiger.

In Seestadt Rostock: Braun, Comberg, Curschmann, Fischer, Gissel, Hansen, Haselhorst, Kollath, Kriegsmann, Lehmann, Meythaler, Ruikkoldt.

In Leipzig: Bredt, Dresel, Gros, Raestrup, Schlomka.